AUS DER NEUROLOGISCHEN ABTEILUNG
DES STÄDTISCHEN WENZEL-HANCKE-KRANKENHAUSES, BRESLAU
(PRIMÄRARZT PROF. O. FOERSTER)

SCHWELLENUNTERSUCHUNGEN BEI LÄSIONEN DER AFFERENTEN LEITUNGSBAHNEN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

IN DER MEDIZIN UND CHIRURGIE

DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

SCHLESISCHEN FRIEDRICH WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BRESLAU

VORGELEGT VON

FRIEDRICH-WILHELM KROLL

VERLAGSBUCHHANDLUNG JULIUS SPRINGER IN BERLIN. 1930

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen Medizinischen Fakultät der Schlesischen Friedrich Wilhelms-Universität zu Breslau

Berichterstatter: Professor Dr. Foerster

Parentibus carissimis

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Sonderabdruck aus „Zeitschrift für Neurologie und Psychiatrie“ Bd. 128, H. 5.

Einleitung und Fragestellung.

Durch die Anwendung physiologischer Schwellenmethoden sind unsere Kenntnisse von den Veränderungen hautsinnlicher Leistungen bei pathologischen Prozessen nach verschiedenen Richtungen hin verfeinert worden. Die große über den Rahmen der speziellen Diagnostik hinausgehende Bedeutung dieser Untersuchungen (*v. Frey, Stein, v. Weizsäcker*) liegt darin, daß sie den Ausgangspunkt bilden für die Erörterungen allgemeiner Probleme nervösen Geschehens im Bereiche der Sensibilität, wobei die Ergebnisse die bisherigen Anschauungen teils ergänzen, teils aber auch in direktem Widerspruch zu ihnen stehen. So fruchtbar die Bearbeitung pathologischen Materials in diesem Zusammenhange ist, so hat sie doch stets mit der Schwierigkeit zu kämpfen, daß der pathologische Prozeß in den seltensten Fällen ein scharf auf einen Abschnitt des Nervensystems begrenzter ist. So muß es z. B. Widerspruch hervorrufen, wenn die Tabes dorsalis einfach als eine Hinterstrangläsion aufgefaßt wird. Für manche Fragen wird die mangelnde Begrenzung des pathologischen Prozesses von untergeordneter Bedeutung sein, für andere jedoch wird sie die Verwertung der Ergebnisse erschweren oder sogar Bedingungen schaffen, die gar nicht in allen Einzelheiten zu übersehen sind.

Im folgenden wird über Untersuchungen der hautsinnlichen Leistungen mit physiologischen Schwellenmethoden berichtet, die an Fällen ausgeführt wurden, bei denen von Herrn Prof. *Foerster* an verschiedenen Abschnitten des sensiblen Systems chirurgische Interventionen aus verschiedenen Indikationen vorgenommen wurden und infolgedessen Sitz und Ausdehnung der jeweiligen Läsion anatomisch genau bestimmbar war. Es handelt sich im einzelnen um Eingriffe an den peripheren

Nerven, den hinteren Wurzeln, den Hintersträngen, den Vorderseitensträngen und der Regio centralis des Cortex.

Als Untersuchungsmethode wurde erstens die von *v. Frey* ausgearbeitete Sinnespunktprüfung mittels geaichter Reizhaare und Stachelborsten zur Prüfung der Reizintensitätsschwelle verwandt.

Methodik. Im einzelnen wurde dabei folgendermaßen vorgegangen: In einem der Läsion entsprechenden Hautterritorium wurde nach *v. Frey* die Intensitätsschwelle der Druck- und Schmerzpunkte und ferner die Anzahl der Druck- und Schmerzpunkte in einem 1 qcm großen Areal bestimmt. Normalerweise fanden wir bei unseren klinischen Untersuchungen in einem 1 qcm großen Hautareal etwa *30* Druckpunkte und *40—50* Schmerzpunkte. Die normale Intensitätsschwelle der Druckpunkte beträgt durchschnittlich 1 mg, die der Schmerzpunkte $^1/_2$ g. Allerdings unterliegt dieser Befund einem gewissen Wechsel, indem an Stirn und oberer Extremität z. B. mehr Druckpunkte sich finden als an den unteren Extremitäten (über die bei optimalen sinnesphysiologischen Bedingungen gefundenen Werte siehe *v. Frey*).

Als Vergleich wurde bei dieser Prüfung wie auch bei der anschließenden Chronaxiebestimmung ein homologes Areal der kontralateralen Körperseite, oder sofern auch dieses in den Bereich der Störung einbezogen war, ein extraläsionelles Gebiet entsprechend untersucht. Ferner wurde der Frage der *Ermüdbarkeit* besondere Beachtung geschenkt. Als Ermüdbarkeit bezeichnen wir die von *Head, v. Frey, O. Foerster, Stein* bereits früher festgestellte Tatsache, daß bei Läsionen afferenter Leitungsbahnen verschiedenster Lokalisation die Intensitätsschwelle für Druck oder Schmerz nach einer Anzahl von Reizen sich verändert, wobei sie sich zumeist im Sinne einer Steigerung ändert, d. h. wird ein Sinnespunkt mit Schwellenreizen 10- oder 20mal hintereinander gereizt, so wird dieser Reiz früher oder später unwirksam, und es ist ein höherschwelliger Reiz nötig, um wieder eine Empfindung auszulösen. *v. Weizsäcker* und *Stein* nennen dieses Phänomen „Schwellenlabilität". Jedoch ist von einer Labilität im eigentlichen Sinne wohl keine Rede. Denn auch sie wollen nur damit ausdrücken, daß die Intensitätsschwelle ansteigt, während zum Begriff der Labilität, wenn anders dieser Ausdruck einen Sinn haben soll, gehören würde, daß die Reizschwelle das eine Mal erhöht, das andere Mal erniedrigt gefunden wird. Der Weizsäckersche Begriff der Labilität bedeutet auch nur eine „Ermüdbarkeit" des Sinnespunktes. Eine Schwellenlabilität s. str., d. h. eine abwechselnde Erniedrigung und Erhöhung der Schwelle ein und desselben Sinnespunktes, ist bisher nur von *Head* und *Holmes* bei corticalen Läsionen beschrieben worden. Dieselben fanden, daß bei corticalen Läsionen ein und derselbe Sinnespunkt bei aufeinanderfolgenden Reizen bald einen höheren bald einen niedrigen Reiz benötigte.

Wir haben bei unseren Untersuchungen außer der Intensitätsschwelle vor allem auch die *Zeitschwelle* ermittelt.

Die Zeitschwelle, gemeinhin *Chronaxie* genannt, wird nach den von uns früher angegebenen Prinzipien[2] mit einer Silberdrahtelektrode an einzelnen Druck- und Schmerzpunkten untersucht. Es wird dabei die minimale Stromflußzeit bestimmt, die erforderlich ist, damit überhaupt gerade eine Empfindung entsteht, ohne Berücksichtigung der Qualität des subjektiven Erlebnisses, d. h. es handelt sich um eine Chronaxiebestimmung der einzelnen Druck- und Schmerz*punkte* und nicht um eine solche der Druck- und Schmerz*empfindung*. Die mittleren Normalwerte, die bei diesem Vorgehen gefunden werden, betragen 0,2 σ an den Druckpunkten und 0,33 σ an den Schmerzpunkten. Das Vorhandensein verschiedener Chronaxiewerte, die unabhängig von der Qualität des subjektiven Erlebnisses sind, und von denen der niedrigere in Beziehung steht zu den durch adäquate mechanische Reizung festgestellten Druckpunkten, der höhere zu den Schmerzpunkten, gibt der v. Freyschen Auffassung, daß den Empfindungsqualitäten „Druck" und „Schmerz" auch besondere Systeme entsprechen, eine weitere Stütze.

Nun sind allerdings in neuerer Zeit, besonders auf Grund histologischer und physiologischer Beobachtungen, Bedenken geäußert worden gegen eine zu strenge Formulierung der Sinnespunktlehre. In diesem Zusammenhang gewinnt die Frage Interesse, ob überhaupt von einer Chronaxie der Druck- und Schmerzpunkte gesprochen werden kann, anders ausgedrückt, ob die Sinnes*punkte* eine wesentlich andere Chronaxie erkennen lassen als die *Zwischenräume* zwischen den Sinnespunkten. Zur Klärung dieser Frage schien ein Fall von Vorderseitenstrangdurchtrennung im Bereiche des 5. Thorakalsegmentes besonders geeignet, der sich durch einen völligen Ausfall von Schmerzpunkten und eine sehr erhebliche Rarefizierung der Druckpunkte, deren Intensitätsschwellen sehr stark erhöht waren, auszeichnete. Dieser besonders starke Sensibilitätsausfall war nicht allein durch die Vorderseitenstrangdurchtrennung, sondern durch eine alte Lues spinalis bedingt. Es fanden sich in einem 1 qcm großen Hautareal 3 Druckpunkte, deren Rheobase 10,0 V und deren Chronaxie 0,7 σ betrug. Prüft man die zwischen den Druckpunkten gelegenen Zwischenräume, welche sich bei mechanischer Reizung mit Schwellenreizen als unerregbar erwiesen hatten, elektrisch, so war von hier aus noch ein Reizeffekt zu erzielen. Dabei betrug die Rheobase 8,0 V und die Chronaxie 1,95 σ, d. h. also, die Chronaxie der Zwischenräume war um fast das 3fache gegen die der Druckpunkte erhöht, während die Rheobasen keine nennenswerten Unterschiede zeigen. Letzterer Umstand, daß die Rheobasen nahezu gleich sind, sowie der Umstand, daß die Druckpunkte, zwischen denen untersucht wurde, sehr weit auseinanderliegen (0,5 cm Abstand), spricht sehr dafür, daß der Reiz im Zwischenraum selbst und nicht am entfernt liegenden Druckpunkt angegriffen hat. Um dieser Frage noch näher nachzugehen, wurde ein Gebiet von 4 qcm kataphoretisch anästhesiert (nach *Rein* 2% Cocain in 80 proz. Alkohol bei 0,5 mA pro Quadratzentimeter 10 Minuten) mit einer Elektrode, die eine zentrale Einbohrung von 4 mm Durchmesser hat. Durch diese Einrichtung wird das gesamte von der Kataphorese betroffene Hautgebiet mit Ausnahme der der Einbohrung entsprechenden Stelle anästhesiert. Diese Einbohrung kam in unserem Versuche in ein druckpunktfreies Gebiet zu liegen. Die Ansprechbarkeit des Zwischenraumes

blieb auf elektrische Reize trotz dessen erhalten. Das spricht dafür, daß auch der Zwischenraum als solcher selbständiger Reizempfänger ist, und daß er sich vom Sinnespunkt im engeren Sinne nur durch die höhere Schwelle unterscheidet.

Außer der Chronaxie wurde auch die Ermüdbarkeit der Zeitschwelle geprüft; wir haben sie in der Weise bestimmt, daß an einem Druck- oder Schmerzpunkt zunächst die Intensitätsschwelle des elektrischen Reizes, d. h. die Rheobase, und darauf die Chronaxie bestimmt wurde. Untersucht man nun nach immer wiederholter Reizung die Chronaxie auf ihre Beständigkeit, so zeigt sich, daß auch sie in einzelnen Fällen ermüdbar ist, und zwar im Sinne der Verlängerung.

Betrachten wir nun im folgenden die Reihe der verschiedenen Läsionen des sensiblen Systems, so haben wir folgende Befunde erhoben:

1. Traumatische Läsionen peripherer Nerven.

Fall 1. Traumatische Ulnarislähmung rechts mit Neurombildung, 4 Jahre nach der Verletzung wegen heftigster Nervenschmerzen Excision des Neuroms (XI. 1928), Vernähung der Schnittenden unmöglich. 1 Monat nach der Operation wurde folgender Sensibilitätsbefund erhoben: Am kleinen Finger war die Sensibilität völlig aufgehoben. Am 4. Finger fand sich dagegen an der Ulnarseite und an der Wurzel des 5. Fingers eine dissoziierte Sensibilitätslähmung, indem das Schmerzgefühl erhalten war, Druck- und Berührungsempfindung jedoch fehlten. In diesem Bezirk des dissoziierten Sensibilitätsausfalles wurde das Schwellenverhalten der Schmerzpunkte untersucht. Im 1 qcm großen Hautareal an der Wurzel des 5. Fingers waren nur 2 Schmerzpunkte vorhanden, die eine mechanische Intensitätsschwelle von 5 g hatten, sich als sehr hyperpathisch erwiesen und nach 10 mechanischen Reizen eine derartige Schwellenerhöhung zeigten, daß mit den uns zur Verfügung stehenden Schmerzborsten eine Schwelle überhaupt nicht mehr gemessen werden konnte. Die elektrischen Intensitätsschwellen, d. h. Rheobasen, zeigten hier wie auch in allen folgenden Fällen keine nennenswerten Unterschiede gegenüber der gesunden Seite. Die Chronaxie dieser Schmerzpunkte war um das Doppelte gegen die gesunde linke Seite erhöht. Bemerkenswerterweise erwies sich bei wiederholter Untersuchung der Chronaxie die Zeitschwelle dieser Schmerzpunkte als auffallend konstant.

Im folgenden sind die Untersuchungsergebnisse übersichtlich zusammengestellt.

Vola manus, Wurzel des 5. Fingers	links	rechts
Anzahl der Schmerzpunkte	normal	2
Mechanische Intensitätsschwelle	$^1/_2$ g (*E*—)	5 g (E+)
Rheobase	3,0 V	4,0 V
Chronaxie	0,40 σ (E—)	0,84 σ (E—)

E— in der Tabelle bedeutet, daß die betreffenden Sinnespunkte nicht ermüdbar waren; E+ bedeutet dagegen, daß sie sich nach mehreren aufeinanderfolgenden als ermüdbar erwiesen, d. h. daß ihre Intensitäts- bzw. Zeitschwelle ansteigt.

Im Gegensatz zu dem eben mitgeteilten Falle, in dem es sich um eine Nervenunterbrechung handelt, bei der jede Regeneration infolge

der Resektion eines beträchtlichen Stückes des Nervenstammes ausgeschlossen war, folgen nunmehr Untersuchungen an Fällen, die in weitgehend regeneriertem Nervengebiet zum Teil jahrelang nach der Nervennaht vorgenommen wurden.

Fall 2. Kontinuitätsneurom des rechten N. medianus oberhalb des Lig. carpi transvers. nach Stichverletzung. Mai 1924 Excision des Neuroms mit anschließender Nervennaht. 5 Jahre nach der Operation war die motorische Funktion völlig restituiert, und die Sensibilitätsprüfung mit den üblichen gröberen Methoden ergab nur eine ganz geringe Hypästhesie für Berührung an der radialen Seite der rechten Vola manus und am 1., 2. und 3. Finger. Trotz dieses mit den üblichen Untersuchungsmethoden der Sensibilität gefundenen äußerst geringfügigen Defektes ließ sich eine sehr deutliche Rarefikation der Druck- und Schmerzpunkte nachweisen und gleichzeitig eine erhebliche Heraufsetzung der Intensitätsschwellen für beide Qualitäten, wobei die Schmerzpunkte sich als sehr hyperpathisch erwiesen. Bei Prüfung der Ermüdbarkeit zeigte sich nach 30 Reizen, daß die Intensitätsschwelle der Druckpunkte von 8 mg auf 30 mg und die der Schmerzpunkte von 3 g auf 5 g anstieg. Auch die Prüfung der Zeitschwelle ergab eine Erhöhung der Chronaxie der Druckpunkte um das Doppelte und eine Erhöhung der Chronaxie der Schmerzpunkte um mehr als das Dreifache. Hingegen konnte eine Veränderung im Sinne der Ermüdbarkeit in bezug auf die Zeitschwelle nach elektrischen Reizen weder an Druck- noch an Schmerzpunkten nachgewiesen werden.

Vola manus, Radialseite	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	8	normal	8
Mech. Schwelle	2 mg (E—)	8 mg (E+)	1 g (E—)	3 g (E+)
Rheobase	40 V	50 V	50 V	50 V
Chronaxie	0,4 σ (E—)	0,81 σ (E—)	0,5 σ (E—)	1,57 σ (E—)

Fall 3. Posttraumatische Ulnarislähmung rechts nach Epicondylusverletzung. Wegen heftiger Parästhesien und Schmerzen im 4. und 5. Finger wurde die Excision eines 1,5 cm langen Kontinuitätsneuroms mit anschließender Nervennaht im August 1925 vorgenommen. 3 Jahre nach der Operation waren die motorischen Funktionen des Ulnaris fast vollständig wiederhergestellt. Die Sensibilität erwies sich bei Prüfung mit den üblichen groben klinischen Prüfungsmethoden am 5. Finger noch völlig erloschen (für Druck, Schmerz und Temperatur); an der Ulnarseite des 4. Fingers wie auch an der Ulnarseite des Dorsum manus fand sich eine Wiederkehr des Schmerzgefühls, während die Berührungsempfindung noch völlig fehlte. Bei genauer Untersuchung eines Sinnesfeldes auf der ulnarsten Seite des rechten Dorsum manus fehlten Hautdruckpunkte völlig, während drei Schmerzpunkte in 1 qcm auffindbar waren. Ihre Intensitätsschwelle war auf 3 g erhöht. Bei Prüfung der Ermüdbarkeit dieser Schmerzpunkte zeigte sich nach 10 Reizen eine Steigerung der Intensitätsschwelle auf 5 g, und nach fünf weiteren Reizen war auch diese Intensität nicht mehr wirksam. Die Chronaxie der Schmerzpunkte war um das fast 10fache erhöht. In Übereinstimmung mit den vorigen Fällen zeigte sich auch hier keine Ermüdbarkeit in bezug auf die Zeitschwelle. Selbst nach 30 Reizen blieb dieselbe absolut konstant. Die Untersuchungsergebnisse zeigt folgende Tabelle:

Dorsum manus, ulnare Seite	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	.	normal	3
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	.	$^1/_2$ g (E—)	3 g (E+)
Rheobase	6,0 V	.	6,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,11 σ (E—)	.	0,15 σ (E—)	1,37 σ (E—)

Fall 4. Linksseitige Ulnarislähmung nach Schußverletzung mit gleichzeitiger Unterbrechung des linken Cut. antebr. medialis. 12 Jahre später wurde die Ulnarisnaht vorgenommen (1928). 1 Jahr nach der Operation war eine deutliche Wiederherstellung der motorischen und sensiblen Funktionen zu verzeichnen. Bei der Bestimmung der Sinnespunkte im Gebiet des Cut. antebr. medialis zeigt sich, daß die Druckpunkte deutlich rarefiziert sind, daß ihre Intensitätsschwelle um das 20fache gegen die normale rechte Seite erhöht ist, und daß diese nach 20 Reizen von 20 auf 30 mg ansteigt. Auch die Zeitschwelle der Druckpunkte ist deutlich erhöht gegen rechts, jedoch zeigt sie nach 30 elektrischen Reizen keine Veränderung. An den Schmerzpunkten finden wir ein analoges Verhalten: Auch sie sind rarefiziert, haben erhöhte Intensitätsschwelle, die nach 20 Reizen von 2 auf 5 g ansteigt, zeigen auch eine Erhöhung der Chronaxie, die sich jedoch selbst nach 30 Reizen nicht verändert.

Folgende Tabelle faßt unsere erhobenen Befunde zusammen:

Dorsum Unterarm, ulnare Seite	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	6	normal	10	normal
Mech. Schwelle	20 mg (E+)	1 mg (E—)	2 g (E+)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	6,0 V	6,0 V	8,0 V	8,0 V
Chronaxie	0,22 σ (E—)	0,10 σ (E—)	0,37 σ (E—)	0,19 σ (E—)

Zusammenfassung.

In dem hier mitgeteilten Falle von Totaldurchtrennung des N. ulnaris, in welchem jede Regenerationsmöglichkeit ausgeschaltet war, sehen wir, daß in der sog. Mischzone (*Foerster*), i. e. Zone der dissoziierten Sensibilitätsstörung, einige wenige Schmerzpunkte vorhanden sind, während Druckpunkte völlig fehlen. Diese Schmerzpunkte zeigen deutliche Erhöhung ihrer Intensitäts- und Zeitschwelle. Sie sind auch bei der mechanischen Schwellenprüfung deutlich ermüdbar. Besonders bemerkenswert ist sowohl für diesen Fall wie auch für die anderen Fälle das Verhalten der elektrischen Intensitätsschwellen, der Rheobasen. Sie zeigen durchweg keine deutlichen Unterschiede gegen die gesunde Seite.

Bei den nach Nervennaht in Regeneration befindlichen Fällen finden sich auch Druckpunkte in dem früher total anästhetischen Gebiet, die zwar stark rarefiziert zu sein pflegen, erhöhte Intensitäts-

schwellen zeigen und nach mehrmaligen Reizen sich als ermüdbar erweisen. Ihre Zeitschwelle ist ebenfalls erhöht, verändert sich aber nicht nach mehrmaliger Prüfung. Die Schmerzpunkte zeigen ein ähnliches Verhalten. Auch sie sind rarefiziert bei erhöhter Intensitätsschwelle, die sich ebenfalls nach mehreren Reizen im Sinne einer Steigerung ändert, und erhöhter Zeitschwelle, bei der allerdings keine Ermüdbarkeit nach vielfacher Prüfung wahrzunehmen ist.

Ein Fall von Resektion des 2. und 3. Astes des *Trigeminus*, einschließlich des ihnen zugehörigen Anteiles des Ganglion Gasseri soll hier angeschlossen werden.

Die Operation wurde wegen einer Trigeminusneuralgie vorgenommen. 1 Monat nach der Operation zeigte sich im Überlagerungsgebiete von Trigeminus und N. auricularis magnus mit den gröberen klinischen Methoden zur Prüfung der Sensibilität, kein Sensibilitätsausfall für Druck, Schmerz und Temperatur. Bei feinerer Prüfung finden wir die Druckpunkte in normaler Anzahl, ihre Intensitätsschwelle jedoch sichtlich erhöht, wenn auch ohne Ermüdbarkeit, die Zeitschwelle ebenfalls verlängert, die aber bei wiederholter Prüfung konstant bleibt. Die Schmerzpunkte sind dagegen deutlich rarefiziert; ihre Intensitätsschwelle zeigt eine Erhöhung, die nach mehrmaliger Reizung noch zunimmt, die Zeitschwelle ist im gleichen Verhältnis wie die der Druckpunkte verlängert, bleibt aber nach 20 elektrischen Reizungen völlig konstant.

Die folgende Tabelle gibt uns eine Übersicht dieser Befunde:

N. Trigem., Auric. m.	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	10	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	3 g (E+)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	6,0 V	8,0 V	5,0 V	7,0 V
Chronaxie	0,27 σ (E—)	0,19 σ (E—)	0,43 σ (E—)	0,24 σ (E—)

2. Hinterwurzeldurchschneidungen.

Bei *Fall 1* wurde bei einer doppelseitigen Vorderseitenstrangdurchtrennung in Höhe von D_2 wegen tabischer Krisen gleichzeitig die hintere *erste* Thorakalwurzel links durchschnitten, um das entsprechende Dermatom durch den auftretenden vasodilatatorischen Effekt zu bestimmen. Das Dermatom D_1 reicht bei dieser Kranken weit am Oberarm empor. 3 Wochen nach der Operation ergab die übliche grobe klinische Prüfung in diesem Dermatom keinerlei Sensibilitätsdefekte. Die feinere Untersuchung deckt an den Druckpunkten eine sehr erhebliche Rarefikation auf, die mit einer Steigerung der Intensitätsschwelle auf 4 mg einhergeht, die Druckpunkte sind aber nicht ermüdbar. Die Zeitschwelle der Druckpunkte ist um das 3fache heraufgesetzt, aber nicht ermüdbar. An den Schmerzpunkten zeigt sich gleichfalls eine erhebliche Rarefikation, eine Intensitätsschwellenerhöhung, ohne Ermüdbarkeit nach 30 Reizen. Die Chronaxie verhält sich analog im Sinne einer Verlängerung, sie bleibt auch nach 30 Reizen unverändert.

In diesem Falle sind die Rheobasen links und rechts die gleichen. Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der 3 Wochen nach der Operation erhobenen Befunde:

Oberarm, erstes Thorakaldermatom	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	6	normal	10	normal
Mech. Schwelle	4 mg (E—)	1 mg (E—)	2 g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	7,0 V	7,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	0,31 σ (E—)	0,11 σ (E—)	0,38 σ (E—)	0,15 σ (E—)

Eine Nachuntersuchung 3 Monate nach der Operation ergab, daß die linke Seite wieder völlig dasselbe Verhalten wie die normale rechte zeigte für beide Qualitäten. Der anfangs eruierbare Defekt hat sich also wieder ganz ausgeglichen.

Fall 2 weicht insofern von dem vorigen ab, als es sich hier um die Durchtrennung mehrerer aufeinanderfolgender hinterer Wurzeln (C_2, C_3, C_5, C_6) auf der linken Seite handelt und nur eine dazwischen gelegene Wurzel (C_4) stehen geblieben ist, deren zugehöriges Dermatom untersucht wurde. (Gleichzeitig wurden bei diesem Falle auch die ersten 4 vorderen Cervicalwurzeln durchschnitten, da es sich um einen Torticollis spast. handelte.)

Bei grober klinischer Prüfung zeigte sich 17 Tage nach der Operation keinerlei Unterschied im linken C_4 zugehörigen Dermatom gegenüber rechts. Bei feinerer Prüfung jedoch erwiesen sich die Druckpunkte deutlich an Zahl vermindert, ihre mechanische Intensitätsschwelle war normal und nicht ermüdbar nach 30 Reizen. Die Zeitschwelle zeigte sich um fast das 3fache erhöht und auch nicht ermüdbar. Ein gleiches Verhalten wiesen auch die Schmerzpunkte auf: Deutliche Rarefikation bei normaler Intensitätsschwelle ohne Ermüdbarkeit, stark verlängerte Zeitschwelle, die ebenfalls nach 30 Reizungen konstant blieb. Die Befunde sind in folgender Tabelle noch einmal zusammengefaßt.

Durchschneidung der linken hinteren Wurzeln C_2, C_3, C_5, C_6.

Viertes Halsdermatom	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	10	normal	10	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	5,0 V	5,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,33 σ (E—)	0,13 σ (E—)	0,51 σ (E—)	0,18 σ (E—)

Eine Nachuntersuchung 4 Monate nach der Operation ergibt ein ganz entsprechendes Verhalten, so daß eine Restitution hier wohl nicht angenommen werden kann, was infolge des Ausfalles der benachbarten hinteren Wurzeln verständlich erscheint.

Zusammenfassend läßt sich über die Hinterwurzelläsionen folgendes sagen: Nach der isolierten Durchschneidung nur einer hinteren Wurzel findet sich in der ersten Zeit, trotz völliger Intaktheit bei Untersuchungen mit den üblichen groben klinischen Sensibilitätsprüfungsmethoden, bei der Schwellenprüfung in dem der durchschnittenen Wurzel entsprechenden Dermatom eine Rarefikation der Druckpunkte mit Erhöhung ihrer Intensitätsschwelle ohne Ermüdbarkeit und eine Er-

höhung der Zeitschwelle, die ebenfalls keine Ermüdbarkeit zeigt. Das gleiche Verhalten zeigen auch die Schmerzpunkte: Rarefikation, Steigerung der Intensitätsschwelle und Zeitschwelle, ohne daß dieselben sich bei mehrmaliger Prüfung verändern. Jedoch ist dieses Schwellenverhalten schon 3 Monate nach der Durchtrennung nicht mehr nachzuweisen. Es tritt also eine weitgehende Restitution in relativ schneller Zeit ein. Bei Erhaltensein einer hinteren Wurzel, deren benachbarte Wurzeln durchtrennt sind, findet sich bei grober Sensibilitätsprüfung kein Ausfall der Sensibilität, während die Schwellenprüfung eine deutliche Rarefikation der Druckpunkte zeigt, deren Intensitätsschwelle ganz normal ist und sich als konstant nach mehreren Reizen erweist, deren Zeitschwelle aber sichtlich verlangsamt ist, ohne ermüdbar zu sein. Auch die Schmerzpunkte zeigen dieses Verhalten in allen entsprechenden Einzelheiten. Dieser durch den Wegfall der überlagernden Nachbarwurzeln bedingte Schwellenbefund bleibt auch 4 Monate nach der Operation bestehen.

3. Hinterstrangläsionen.

Die bisherigen Ansichten über die Sensibilitätsstörungen bei Hinterstrangläsionen gehen dahin, daß bei der grob klinischen Untersuchung sowohl Berührungs- wie Schmerzempfindungen erhalten sind. Daß aber diese bisherige Lehre in der abstrakten Form nicht haltbar ist, beweisen folgende 2 Fälle, in denen die Hinterstränge operativ geschlitzt wurden.

Fall 1. Spastische Paraplegie beider Arme, bei Hydromyelia cervic. Nach der operativen Spaltung der 5 cm langen Höhle, wobei beide Gollschen Stränge durchtrennt wurden, trat eine Hyperpathie beider Beine auf, mit gleichzeitiger Aufhebung des Lagegefühls und schwerster Störung des Raumsinns der Haut bis etwa zum Proc. xiphoideus aufwärts. $1^1/_2$ Jahre nach der Operation, wo wir bei der gröberen Prüfung der Schmerz- und Berührungsempfindung keine Ausfälle wahrnehmen konnten, zeigte die Schwellenprüfung folgende Ergebnisse: An den Unterschenkeln waren die Druckpunkte deutlich rarefiziert, ihre Intensitätsschwellen stark erhöht, die der linken Seite um das 8fache, der rechten um das 15fache gegen die Norm. Bei Prüfung auf Ermüdbarkeit stieg die Schwelle der Druckpunkte am rechten Unterschenkel von 15 auf 30 mg nach 20 Reizen an. In diesem Falle sehen wir das erstemal auch einen ziemlich starken Unterschied der Rheobasen im Sinne einer Erhöhung. Die Zeitschwellen der Druckpunkte sind gleichfalls verlängert, bei mehrmaliger Prüfung aber unverändert. Auch die Schmerzpunkte an den Unterschenkeln sind rarefiziert, ihre Intensitätsschwellen um das Doppelte erhöht, aber nicht ermüdbar. Auch sind hier die elektrischen Intensitätsschwellen oder Rheobasen um das 3fache erhöht. Die Zeitschwellen sind beiderseits enorm verlängert, aber nicht ermüdbar. Zum Vergleich mit dem Unterschenkel wurde hier die Stirn herangezogen, weil die Arme infolge des hydromyelitischen Prozesses Sensibilitätsdefekte aufwiesen. Folgende Tabelle zeigt den Gegensatz von Stirn und Unterschenkelbefunden:

Stirn	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	2,0 V	2,0 V	2,0 V	2,0 V
Chronaxie	0,15 σ (E—)	0,15 σ (E—)	0,24 σ (E—)	0,23 σ (E—)

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	10	10	26	20
Mech. Schwelle	8 mg (E—)	15 mg (E+)	1 g (E—)	1 g (E—)
Rheobase	7,0 V	6,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	0,46 σ (E—)	0,44 σ (E—)	0,74 σ (E—)	0,51 σ (E—)

Im *Fall 2* handelt es sich ebenfalls um eine Hydromyelia cervicalis, bei der die Hinterstränge incidiert wurden. Auch hier trat nach der Spaltung eine starke Hyperpathie am Unterschenkel sowie ein völliger Verlust des Lagegefühls und eine schwere Störung des Raumsinnes an den Beinen und am Abdomen auf. Auch 9 Monate nach der Operation war dieser Befund nachweisbar, während die Schmerz- und Berührungsempfindung bei grober Prüfung intakt war. Die Schwellenprüfung ergab zu dieser Zeit folgendes: Im supraläsionellen Gebiet der Stirn finden wir normales Schwellenverhalten. An den Unterschenkeln dagegen sind die Druckpunkte ganz erheblich rarefiziert und ihre Intensitätsschwellen um das 30fache erhöht. Nach 10 Reizen lassen sich die Intensitätsschwellen infolge ihres enormen Anstieges überhaupt nicht mehr ermitteln. Die Rheobasen sind hier sogar niedriger als im supraläsionellen Gebiet. Die Zeitschwellen der Druckpunkte sind links um das 18fache, rechts um das 4fache verlängert, aber nicht ermüdbar.

An den Schmerzpunkten sehen wir numerisch keinen Ausfall, jedoch ihre mechanische Intensitätsschwelle deutlich erhöht, aber nicht ermüdbar. Auch ihre Rheobasen sind niedriger als die der Stirn. Die Chronaxie ist in gleichem Maße wie die der Druckpunkte gegen die Norm erhöht, wobei auch wieder die Chronaxie des linken Unterschenkels wesentlich mehr alteriert ist als die des rechten. Elektrische Ermüdbarkeit zeigen die Schmerzpunkte auch nicht. In der nächsten Tabelle sehen wir die Befunde noch einmal in der Übersicht:

Stirn	Druckpunkte	Schmerzpunkte
	links und rechts	links und rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	10,0 V	9,0 V
Chronaxie	0,25 σ (E—)	0,36 σ (E—)

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	5	3	normal	normal
Mech. Schwelle	30 mg (E+)	30 mg (E+)	1 g (E—)	2 g (E—)
Rheobase	3,0 V	4,0 V	3,0 V	5,0 V
Chronaxie	4,3 σ (E—)	1,09 σ (E—)	5,8 σ (E—)	1,59 σ (E—)

Zusammenfassung.

Beide Fälle von isolierter Hinterstrangdurchschneidung lehren uns, daß die Druckempfindung alteriert wird, was sich in Rarefikation, Intensitätsschwellenerhöhung und Ermüdbarkeit sowie Chronaxieverlängerung äußert. Bemerkenswerterweise sehen wir bei der reinen Hinterstrangläsion gleichzeitig auch eine Alteration der Schmerzempfindung im Sinne einer Rarefikation, mechanischer Intensitätsschwellenerhöhung ohne Ermüdbarkeit und Zeitschwellensteigerung.

Diese Befunde lehren, daß die bisherige Auffassung von der Integrität der Druck- und Schmerzempfindung bei Hinterstrangläsionen einer Revision unterzogen werden muß, dahingehend, daß das Schwellenverhalten der Druck- und Schmerzpunkte bei der isolierten Hinterstrangläsion eine weitgehende Änderung erfährt.

4. Vorderseitenstrangdurchschneidung.

9 Fälle von einseitiger oder doppelseitiger Vorderseitenstrangdurchschneidung, die zur Beseitigung von Schmerzzuständen verschiedenster Genese ausgeführt wurden, wurden in verschiedenem Zeitabstande von der Operation untersucht.

Fall 1. Vorderseitenstrangdurchtrennung *rechts* in Höhe von C_2 wegen Schmerzen im *linken* Arm und Schulter, infolge eines Tumors in der linken Supraclaviculargegend. 7 Wochen nach der Operation ist das Schmerzgefühl und Temperaturgefühl auf der linken Seite unterhalb von C_2 völlig aufgehoben, das Berührungsgefühl erweist sich mit den üblichen groben klinischen Prüfungsmethoden nicht beeinträchtigt. An der von der Durchschneidung nicht betroffenen Stirn erweisen sich Schmerz- und Druckpunkte als normal bei mechanischer und elektrischer Prüfung. Auf der der Durchtrennungsstelle *gekreuzten* linken Seite (am Unterschenkel) sind überhaupt keine Schmerzpunkte aufzufinden. Die Druckpunkte sind sehr rarefiziert, zeigen stark erhöhte Intensitätsschwelle, die um das 10fache gegen die Norm gestiegen ist. Gleichfalls ist die Chronaxie sehr stark erhöht (auch um das 10fache). Ermüdbarkeit zeigen die Druckpunkte bei keiner Prüfungsart. Auf der der Durchtrennung homolateralen rechten Seite sind Schmerzpunkte zwar in normaler Anzahl vorhanden, jedoch sind ihre Intensitäts- wie Zeitschwellen sichtlich erhöht, sie sind nicht ermüdbar. Die Druckpunkte auf dieser rechten Seite sind numerisch verringert, ihre Intensitätsschwelle um das 5fache gegen die Norm gestiegen, die Zeitschwelle um das 3fache. Ermüdbarkeit zeigten auch sie in keiner Weise. Eine Übersicht gibt uns folgende Tabelle:

Stirn	Druckpunkte	Schmerzpunkte
Zahl der Sinnespunkte . .	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	6,0 V	6,0 V
Chronaxie.	0,15 σ (E—)	0,26 σ (E—)

Unterschenkel Streckseite	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	20	20	.	normal
Mech. Schwelle	10 mg (E—)	10 mg (E—)	.	3 g (E—)
Rheobase	8,0 V	4,0 V	.	6,0 V
Chronaxie	1,27 σ (E—)	0,63 σ (E—)	.	1,12 σ (E—)

Wie in diesem Falle, so zeigen auch in allen folgenden Fällen die Rheobasen keine wesentlichen Abweichungen von der Norm. Schon dieser Fall lehrt, daß bei Läsion eines Vorderseitenstranges die homolateralen Schmerzpunkte und Druckpunkte mit affiziert sind, daß also dem Vorderseitenstrang auch eine homolaterale Versorgung zukommt.

Fall 2. Vorderseitenstrangdurchschneidung links in Höhe von C_5 wegen starker Schmerzen an der rechten Hand nach früherer Fingeramputation. Bei der mit den gröberen Sensibilitätsprüfungsmethoden ausgeführten Untersuchung, 21 Monate nach der Operation, erweist sich das Schmerzgefühl, das direkt nach der Operation verschwunden war, auf der rechten Seite wiedergekehrt, wobei eine deutliche Hyperpathie hervortritt. Auch die Temperaturempfindung ist wieder nachweisbar. Bei der Schwellenprüfung sind die Schmerzpunkte auf der rechten Seite stark rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle ist um das 4fache erhöht, aber nach 30 Reizen ganz konstant. Ihre Chronaxie ist erheblich verlängert (um fast das 20fache), dabei zeigt sich aber keine Ermüdbarkeit. Auch die Druckpunkte auf der rechten Seite zeigen deutliche Rarefikation und Erhöhung von Intensitäts- und Zeitschwelle, jedoch keinerlei Ermüdbarkeit. Auch auf der homolateralen linken Seite sind die Schmerzpunkte rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle erhöht, wenn hier auch nur um das Doppelte, ihre Zeitschwelle ist um das 10fache verlängert. Ermüdbarkeit zeigen sie für keine Prüfungsart. Die Druckpunkte dieser linken Seite sind ebenfalls beteiligt. Auch sie zeigen Rarefikation, mechanische und chronaxiemetrische Schwellenerhöhung ohne Ermüdbarkeit. Die Störung seitens der Druckpunkte der linken Seite erreicht graduell allerdings nicht die der rechten Seite. Nachfolgend die zugehörige Tabelle:

Stirn	Druckpunkte	Schmerzpunkte
Zahl der Sinnespunkte . .	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	3,0 V	3,0 V
Chronaxie	0,1 σ (E—)	0,17 σ (E—)

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	18	12	22	15
Mech. Schwelle. . . .	20 mg (E—)	20 mg (E—)	1 g (E—)	2 g (E—)
Rheobase	5,0 V	5,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,54 σ (E—)	1,04 σ (E—)	1,24 σ (E—)	3,13 σ (E—)

Fall 3. Vorderseitenstrangdurchtrennung in Höhe von C_2 rechts wegen schmerzender Carcinommetastasen in der linken Axilla. Im 5. Monat nach der Operation war linkerseits mit den üblichen groben klinischen Untersuchungsmethoden keine Störung des Berührungsgefühles nachweisbar, während Schmerz nur an einigen verstreuten Punkten empfunden wurde.

Bei der Schwellenprüfung folgender Befund: Auf der linken der Durchschneidung gekreuzten Seite finden wir an der linken Hand wie auch am linken Unterschenkel einzelne weit auseinanderliegende Schmerzpunkte, deren Intensitätsschwelle deutlich heraufgesetzt ist, nach 20 Reizen aber unverändert bleibt. Auch die Chronaxie dieser Schmerzpunkte ist erheblich verlängert, besonders stark an der Hand. Die Druckpunkte der linken Seite sind in normaler Anzahl vorhanden, ihre Intensitätsschwelle ist jedoch um das 5fache gegen die Norm vermehrt, sie steigt nach 20 Reizen auf das 20fache an. Auch die Zeitschwellen sind erheblich gegen die Norm verlängert, auch hier wieder diejenigen der Hand stärker als die des Unterschenkels; in diesem Falle besteht eine deutliche Ermüdbarkeit mit Bezug auf die Zeitschwelle.

Auf der *homolateralen* Seite finden wir die Schmerzpunkte sowohl an der Hand wie am Fuß in normaler Anzahl, mit normaler Intensitätsschwelle, aber deutlich verlängerter Chronaxie, während sie in keiner Weise ermüdbar sind. Auch die Druckpunkte dieser rechten Seite zeigen das gleiche Verhalten, es besteht verlängerte Zeitschwelle und außerdem Ermüdbarkeit bei mechanischer Reizung.

Die Ermüdbarkeit bei mechanischer und zum Teil auch elektrischer Prüfung an den Druckpunkten der der Durchtrennungsstelle gekreuzten linken Seite wie auch an der homolateralen rechten Seite, die in diesem Falle festgestellt wurde, unterscheidet diesen letzteren von den vorherigen Fällen. Die Tabelle stellt die Ergebnisse zusammen:

Stirn	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	desgleichen	normal	desgleichen
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	„	$^1/_2$ g (E—)	„
Rheobase	6,0 V	„	6,0 V	„
Chronaxie	0,2 σ (E—)	„	0,3 σ (E—)	„

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	3	normal
Mech. Schwelle	5 mg (E+)	1 mg (E+)	3 g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	6,0 V	6,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	4,0 σ (E+)	0,73 σ (E—)	1,4 σ (E—)	1,75 σ (E—)

Dorsum manus	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	5	normal
Mech. Schwelle	5 mg (E+)	1 mg (E+)	3 g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	6,0 V	6,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	8,4 σ (E+)	4,7 σ (E—)	4,0 σ (E—)	6,9 σ (E—)

Eine spätere Nachuntersuchung dieses Falles im 7. Monat nach der Operation ergab schon bei der üblichen groben klinischen Untersuchung eine weitgehende Wiederkehr des Schmerzgefühles, indem eine Hypalgesie mit Hyperpathie gepaart auffindbar war und auch eine Thermhypästhesie bestand. Dementsprechend zeigte auch die Schwellenprüfung weitgehende Besserung der Befunde:

Die Schmerzpunkte des linken Unterschenkels sind zwar noch deutlich rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle jedoch ist schon etwas herabgesunken, ebenfalls ihre Chronaxie. Ermüdbar waren sie auch zu diesem Zeitpunkte nicht. Die Druckpunkte dieser linken Seite zeigen insofern auch einen Angleich an die Norm, indem auch ihre früher festgestellte Intensitätsschwellen- wie Zeitschwellenerhöhung deutlich vermindert ist, wenn sie auch die Norm noch nicht erreicht. Hingegen ist jetzt sowohl ihre mechanische wie chronaxiemetrische Ermüdbarkeit gänzlich verschwunden. Eine ähnliche Besserung finden wir auch auf der rechten homolateralen Seite. Auch hier ist die anfangs beträchtlich erhöhte Zeitschwelle der Schmerzpunkte von 1,75 σ auf 0,57 σ zurückgegangen. Ebenso ist die Chronaxie der Druckpunkte von 4,0 σ auf 0,57 σ herabgesunken. Ferner läßt sich die 2 Monate vorher an den Druckpunkten gefundene Ermüdbarkeit bei mechanischer Reizung nicht mehr nachweisen. Es ist also in der Zeit, die zwischen den beiden Untersuchungen verflossen ist, eine erhebliche Restitution der Schwellendefekte eingetreten. Das Ergebnis der Nachuntersuchung am Unterschenkel gibt folgende Tabelle wieder:

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	9	normal
Mech. Schwelle	3 mg (E—)	1 mg (E—)	2 g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	5,0 V	5,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,57 σ (E—)	0,33 σ (E—)	1,18 σ (E—)	0,57 σ (E—)

Fall 4. Vorderseitenstrangdurchtrennung links zwischen C_2 und C_3 wegen Schmerzen, die von einem Amputationsneurom am rechten Oberarm ausgingen. Während der ersten Monate nach der Operation waren die Schmerzen völlig verschwunden und auch keine Schmerz- und Temperaturempfindung auszulösen. 7 Monate nach der Operation war schon mit den grob-klinischen Untersuchungsmethoden eine weitgehende Angleichung an die Norm festzustellen. Dementsprechend zeigt die Schwellenprüfung zu dieser Zeit auf der rechten Seite, daß Schmerzpunkte in noch nicht normaler Anzahl vorhanden sind, ihre Intensitätsschwelle normal und konstant ist, ihre Chronaxie aber deutlich erhöht ist, Ermüdbarkeit besteht nicht. Die Druckpunkte auf dieser Seite sind numerisch und in bezug auf ihre Intensitätsschwelle normal, ihre Chronaxie ist jedoch noch mehr wie die der Schmerzpunkte verlängert. Sie zeigen auch keinerlei Ermüdbarkeit. Auf der homolateralen linken Seite sind die Schmerzpunkte an Zahl und Schwelle normal, nur ihre Zeitschwelle ist ebenso stark erhöht wie auf der rechten Seite, während Ermüdbarkeit überhaupt nicht eruierbar ist. Die Druckpunkte der linken Seite sind ebenfalls bis auf die erhöhte Zeitschwelle ganz normal. Dieser Fall zeigt, und zwar in relativ kurzer Zeit nach der Operation, von allen unseren Fällen einseitiger Vorderseitenstrangdurchtrennung, die geringfügigsten Ausfälle, die sich nur in einer geringen Rarefikation der kontralateralen Schmerzpunkte und in einer Chronaxieerhöhung kontra- wie homolateral äußern.

Beugeseite Oberarm	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	30
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	4,0 V	4,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,95 σ (E—)	1,15 σ (E—)	0,95 σ (E—)	0,93 σ (E—)

Supraläsionell waren die Werte für beide Qualitäten ganz im Bereiche des Normalen, sowohl bei mechanischer wie chronaxiemetrischer Prüfung.

Fall 5. Vorderseitenstrangdurchtrennung links in Höhe von D_8 wegen eines schmerzhaften Neuroms am rechten Fuße. Anfangs bestand völlige Analgesie und Thermanästhesie an den infraläsionellen Dermatomen der rechten Körperhälfte. 10 Monate nach der Operation war aber das Schmerzgefühl wieder hergestellt, es ließen sich bei grob-klinischer Prüfung überhaupt keine Ausfälle mehr nachweisen. Auch bei der Schwellenuntersuchung finden wir nur noch sehr geringe Störungen. Infraläsionell auf der rechten Seite am Oberschenkel zeigen die Schmerzpunkte normale Zahl, ihre Intensitätsschwelle ist allerdings um das 5fache erhöht, die Chronaxie zeigt auch eine Erhöhung um das Doppelte. Ermüdbar sind die Schmerzpunkte überhaupt nicht. Analog ist das Verhalten der Druckpunkte dieser Seite: Normale Anzahl, erhöhte Intensitätsschwelle (5fach), aber normale Chronaxie, keine Ermüdbarkeit. Auf der homolateralen linken Seite besteht weder an den Schmerzpunkten noch an den Druckpunkten irgendeine Alteration:

Hand	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	desgleichen	normal	desgleichen
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	„	1 g (E—)	„
Rheobase	6,0 V	6,9 V	7,0 V	7,0 V
Chronaxie	0,2 σ (E—)	desgleichen	0,25 σ (E—)	desgleichen

Oberschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	5 mg (E—)	1 g (E—)	5 g (E—)
Rheobase	7,0 V	7,0 V	7,0 V	7,0 V
Chronaxie	0,19 σ (E—)	0,19 σ (E—)	0,25 σ (E—)	0,34 σ (E—)

Nunmehr folgen 4 Fälle von *doppelseitiger* Vorderseitenstrangdurchtrennung wegen tabischer Krisen.

Fall 6. Doppelseitige Vorderseitenstrangdurchtrennung in Höhe von D_1 wegen heftigster tabischer Krisen. Nach der Operation besteht in den infraläsionellen Dermatomen völlige Anästhesie für Schmerz und Temperatur, während das Berührungsgefühl bei den üblichen groben Prüfungsmethoden intakt erscheint. Aber die Druckpunkte sind deutlich rarefiziert und ihre Intensitätsschwellen um das 2- und 3fache gegen die Norm erhöht, ihre Zeitschwelle sogar um das 10fache verlängert. Dagegen sind sie nicht ermüdbar, bei mechanischer wie elektrischer Prüfung.

Stirn	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	5,0 V	5,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,17 σ (E—)	0,15 σ (E—)	0,21 σ (E—)	0,26 σ (E—)

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	26	28	.	.
Mech. Schwelle	2 mg (E—)	3 mg (E—)	.	.
Rheobase	7,0 V	7,0 V	.	.
Chronaxie	1,9 σ (E—)	2,1 σ (E—)	.	.

Fall 7. Doppelseitige Vorderseitenstrangdurchtrennung in Höhe von D_2 wegen gastrischer Krisen bei Tabes dorsalis. Nach der Operation bestand in den infraläsionellen Dermatomen zunächst völlige Analgesie und Thermanästhesie bei erhaltenem Berührungsgefühl. Die Druckpunkte zeigen 3 Wochen nach der Operation deutliche Rarefizierung, normale Intensitätsschwelle, aber eine um das 4fache erhöhte Zeitschwelle. Ermüdbarkeit zeigen die Druckpunkte gar nicht.

Vorderarm, Innenseite	Druckpunkte	Schmerzpunkte
Zahl der Sinnespunkte . .	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 g (E—)
Rheobase	7,0 V	6,0 V
Chronaxie.	0,11 σ (E—)	0,15 σ (E—)

Brust	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	12	20	.	.
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	.	.
Rheobase	7,0 V	5,0 V	.	.
Chronaxie	0,46 σ (E—)	0,41 σ (E—)	.	

Bei einer Nachuntersuchung 3 Monate nach der Operation ist auf der rechten Seite eine Wiederkehr des Schmerzgefühls festzustellen, während die linke Seite noch gänzlich analgetisch ist. Die Schmerzpunkte sind rechts sehr rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle ist gegen die Norm verdoppelt, die Chronaxie stark erhöht. Ermüdbar sind diese Schmerzpunkte aber nicht. Auf der linken Seite fehlen Schmerzpunkte noch vollständig. Die Druckpunkte zeigen gegen früher ein verändertes Verhalten, da sie rechts überhaupt schon ganz zur Norm zurückgekehrt sind, während sie links noch rarefiziert sind, aber normale Intensitätsschwelle und Zeitschwelle aufweisen. Ermüdbar waren die Druckpunkte auch zu diesem späteren Untersuchungstermin weder bei mechanischer noch chronaxiemetrischer Untersuchung.

Vorderarm in D_1	Druckpunkte	Schmerzpunkte
Zahl der Sinnespunkte . .	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	3,0 V	3,0 V
Chronaxie	0,1 σ (E—)	0,22 σ (E—)

Brust D_7	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	14	normal	.	18
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	.	1 g (E—)
Rheobase	5,0 V	3,0 V	.	3,0 V
Chronaxie	0,22 σ (E—)	0,11 σ (E—)	.	0,38 σ (E—)

Fall 8. Vorderseitenstrangdurchschneidung in Höhe von D_2 wegen gastrischer Krisen bei Tabes dorsalis. Nach der Durchschneidung bestand völlige Analgesie und Thermanästhesie, gleichzeitig geringe Hypästhesie für Berührung. $3^1/_2$ Jahre nach der Operation ist das Schmerzgefühl der Haut auf der rechten Seite noch völlig aufgehoben, während es sich links teilweise restituiert hat. Die Berührungsempfindung zeigte bei grob-klinischer Prüfung keine Störung. Die genauere Prüfung zeigte nun zu dieser Zeit, daß die auf der linken Seite vorhandenen Schmerzpunkte noch rarefiziert waren, ihre Intensitätsschwelle war um das Doppelte, ihre Chronaxie um das 5fache erhöht. Ermüdbar waren sie nicht. Die Druckpunkte dieser linken Seite sind ebenfalls deutlich rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle um das 5fache, ihre Zeitschwelle um das gleiche verlängert. Die Druckpunkte der rechten Seite, wo Schmerzpunkte ganz fehlen, sind noch erheblicher als links rarefiziert, ihre mechanische Intensitäts- wie Zeitschwelle liegt wesentlich höher als links. Ermüdbarkeit war bei mechanischer und chronaxiemetrischer Prüfung für die Druckpunkte auf beiden Seiten nicht nachzuweisen.

Hand	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	4,0 V	4,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,17 σ (E—)	0,15 σ (E—)	0,31 σ (E—)	0,3 σ (E—)

Oberschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	10	7	25	.
Mech. Schwelle	5 mg (E—)	30 mg (E—)	1 g (E—)	.
Rheobase	6,0 V	6,0 V	6,0 V	.
Chronaxie	0,7 σ (E—)	0,9 σ (E—)	1,5 σ (E—)	.

Fall 9. Vorderseitenstrangdurchtrennung links und rechts in D_2 wegen tabischer gastrischer Krisen. Zunächst bestand auch hier völlige Analgesie und Thermanästhesie, die aber nach 4 Wochen schon einer Hypästhesie für Schmerz

und Temperatur Platz machte. Die Berührungsempfindung erwies sich bei grobklinischer Prüfung als gut erhalten. Schon 4 Wochen post operation. waren auf beiden Seiten Schmerzpunkte zu eruieren, die zwar noch sehr rarefiziert waren, ihre Intensitätsschwelle wie Zeitschwelle war deutlich erhöht. Ermüdbar waren auch hier wieder die Schmerzpunkte nicht! Aber auch die Druckpunkte sind beiderseits numerisch sehr verringert, ihre Intensitätsschwellen um das 2- und 3fache erhöht, desgleichen ihre Zeitschwellen, während abermals keinerlei Ermüdbarkeit zu finden ist. Dieser Fall zeigte von allen unseren Fällen von doppelseitiger Vorderseitenstrangdurchschneidung in Anbetracht der kurzen Zeit nach der Operation die geringsten Schwellenveränderungen.

Stirn	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	1 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	5,0 V	5,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	0,11 σ (E—)	0,1 σ (E—)	0,17 σ (E—)	0,16 σ (E—)

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	7	6	15	17
Mech. Schwelle	3 mg (E—)	3 mg (E—)	2 g (E—)	2 g (E—)
Rheobase	5,0 V	5,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	0,36 σ (E—)	0,4 σ (E—)	0,54 σ (E—)	0,52 σ (E—)

Bei einer Nachuntersuchung 8 Wochen nach der Operation fand sich keine wesentliche Änderung der obigen Befunde. Lediglich die Chronaxiewerte von Druck- wie Schmerzpunkten waren etwas abgesunken, aber noch nicht bis zur Norm.

Zusammenfassung der Vorderseitenstrangläsionen.

Die verschiedenen, zu den mannigfaltigsten Zeiten nach der Operation erhobenen Befunde lehren, daß der zeitliche Abstand der Untersuchung vom Eingriffe eine wesentliche Rolle für den jeweiligen Befund spielt. Sofort nach der Durchtrennung findet sich stets Analgesie.

Bei den *einseitigen Durchschneidungen* sehen wir zunächst ein völliges Fehlen von Schmerzpunkten auf der der Durchtrennung gegenüberliegenden Seite. Nach wenigen Monaten jedoch treten wieder einige wenige Schmerzpunkte auf, die rarefiziert sind; die mechanische Intensitäts- und Zeitschwelle ist erhöht. Aber in dieser Beziehung bestehen erhebliche individuelle Differenzen. Aber auch die Schmerzpunkte auf der homolateralen Seite werden von der Durchschneidung mit affiziert, was sich in Rarefikation und mechanischer wie zeitlicher Schwellenerhöhung kundtut. Auch ihr Befallensein nimmt mit der Zeit an Intensität ab und ist auch individuellen Schwankungen unterworfen. Was

nun das Druckgefühl anbelangt, so ist dasselbe nach der einseitigen Vorderseitenstrangdurchschneidung nicht nur auf der der Durchschneidung gegenüberliegenden Seite, sondern auch auf der homolateralen Seite in Mitleidenschaft gezogen, was sich wieder in Rarefikation, mechanischer und zeitlicher Schwellenerhöhung äußert, wozu manchmal noch eine mechanische Ermüdbarkeit hinzutritt. Der Grad der Affektion der Druckpunkte wechselt von Fall zu Fall und nimmt mit Zunahme des Abstandes vom Zeitpunkte der Durchschneidung ständig ab, und kann langsam in ein fast wieder völlig normales Verhalten übergehen.

Bei der *doppelseitigen Vorderseitenstrangdurchschneidung* finden wir am Beginn unmittelbar nach der Durchschneidung gänzliche Analgesie beiderseits in den infraläsionellen Dermatomen. Aber mit der Zeit kehren auch in diesen Fällen Schmerzpunkte langsam wieder, die Rarefikation der Schwellenerhöhung bei mechanischer und chronaxiemetrischer Prüfung zeigen, jedoch nie ermüdbar gefunden wurden. Auch in diesen Fällen kann die Restitution des Schmerzgefühls so weit fortschreiten, daß nach längerer Zeit die Schmerzpunkte fast kein abnormes Verhalten mehr zeigen. Auffallend ist, daß die Restitution auf beiden Seiten nicht in gleichem Maße vor sich zu gehen braucht, sondern oft zu einer Zeit, wo auf einer Seite schon die Schmerzpunkte normale Schwellenwerte haben, die der anderen Seite noch deutliche Ausfälle zeigen. Das Verhalten der Druckpunkte ist fast das gleiche wie bei den Fällen mit einseitiger Durchschneidung. Nur ist die Intensität der Schädigung auf beiden Seiten die gleiche, sowohl hinsichtlich der Rarefikation als hinsichtlich der mechanischen und chronaxiemetrischen Schwellenerhöhung. Dem mechanischen Reiz gegenüber besteht häufig Ermüdbarkeit, in einem Falle sogar auch bei chronaxiemetrischer Prüfung. Je später nach der Operation untersucht wird, um so geringfügiger sind auch die Veränderungen an den Druckpunkten; aber auch in dieser Beziehung bestehen starke individuelle Schwankungen.

5. Corticale Läsionen.

Untersucht wurden 7 Fälle, bei denen wegen traumatischer Epilepsie Rindenexcisionen vorgenommen wurden, die in verschiedener Ausdehnung die Retrozentralregion umfaßten.

Fall 1. Granatsplitterverletzung der rechten Frontal- Zentral- und Parietalregion. Der Splitter saß in der rechten vorderen Zentralwindung, woselbst er entfernt wurde, wegen Jacksonscher Epilepsie. Excision der hinteren Zentralwindung und anstoßender Bezirke des Parietallappens. Es bestand eine schwere Beeinträchtigung des Tastsinnes und des Lagegefühls auf der linken Seite, während Schmerz- und Druckempfindung nur wenig alteriert waren. Nach der Excision der Narbe war der Sensibilitätsbefund auf der linken Seite annähernd der gleiche wie vorher. 10 Monate nach der Operation hatte sich eine deutliche Hyperpathie auf der linken Körperseite herausgebildet. Zu dieser Zeit ergab die Schwellenprüfung

folgende Ergebnisse: Die Schmerzpunkte der linken Hand zeigen Rarefikation und deutliche Erhöhung ihrer Intensitätsschwelle, sie sind nicht ermüdbar. Etwas erhöht ist auch ihre Chronaxie. Auch sie bleibt konstant. Die Druckpunkte sind ebenfalls auf dieser Seite stark verringert, ihre Intensitätsschwelle ist um das 5fache vermehrt und steigt nach 10 Reizen sogar auf das 10fache an. Auch ihre Chronaxie ist verlängert, wenn auch nicht bedeutend, und nicht ermüdbar. Auf der rechten Seite finden sich wieder völlig normale Verhältnisse der Druck- und Schmerzpunkte.

Dorsum manus	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	12	normal	15	normal
Mech. Schwelle	5 mg (E+)	1 mg (E—)	2 g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	5,0 V	4,0 V	5,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,2 σ (E—)	0,13 σ (E—)	0,4 σ (E—)	0,26 σ (E—)

Fall 2. Posttraumatische Epilepsie. Gehirnnarbe in der linken hinteren Zentralwindung. Excision derselben. Vor der Excision bestand in der rechten Gesichts- und Halshälfte, sowie am 1. bis 3. Finger ein deutlich nachweisbarer Sensibilitätsdefekt in Form von Störungen des Raumsinnes, des Lagegefühls und des stereognostischen Sinnes. Bei Schwellenprüfung fanden sich 4 Wochen post operationem einige Unterschiede gegen die Norm. Die Schmerzpunkte der rechten Hand sind zwar in normaler Anzahl vorhanden, ihre mechanische Intensitätsschwelle dagegen ist um das 4fache erhöht, aber konstant, ihre Zeitschwelle um das Doppelte verlängert und auch konstant. Auch die Druckpunkte sind in normaler Anzahl vertreten, ihre Intensitätsschwelle jedoch um das 10fache erhöht, und steigt nach 30 Reizen auf das 30fache. An ihrer Zeitschwelle sehen wir eine Verlängerung um das 3fache, ohne Ermüdbarkeit. Die homolaterale linke Seite zeigt normale Werte.

Dorsum manus ulnarer Rand	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	normal	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	10 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	2 g (E—)
Rheobase	5,0 V	6,0 V	6,0 V	6,0 V
Chronaxie	0,11 σ (E—)	0,33 σ (E—)	0,17 σ (E—)	0,36 σ (E—)

Fall 3. Fokale Epilepsie. Narbe an der hinteren Zentralwindung. Excision derselben. Direkt nach der Exzision bestand eine leichte Herabsetzung der Schmerz-, Temperatur- und Berührungsempfindung auf der rechten Körperseite. Astereognosie und schwere Störungen des Lagegefühls und des Raumsinnes der Haut. Nach 1 Monat war diese Hypästhesie für Druck und Schmerz verschwunden, bei der üblichen Prüfung mit den gröberen klinischen Methoden, während die Astereognosie und Tastlähmung noch bestanden. Bei der Schwellenprüfung zeigte die Druck- und Schmerzempfindung doch deutliche Defekte, indem die Schmerzpunkte rechterseits rarefiziert waren und Schwellenerhöhung sowohl bei mechanischer wie chronaxiemetrischer Prüfung zeigten. Auch stieg die mechanische Intensitätsschwelle nach 20 Reizen von 2 auf 5 g, während sie bei der chronaxiemetrischen Prüfung konstant blieb. Die Druckpunkte der rechten Seite zeigen das gleiche

Verhalten wie die Schmerzpunkte: Rarefikation, Intensitätsschwellenerhöhung um das 10fache, die nach 20 Reizen auf das 20fache ansteigt, und Verlängerung der Zeitschwelle, die aber konstant bleibt. Die linke Seite zeigt normale Werte:

Dorsum manus	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	14	normal	20
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	10 mg (E+)	$^1/_2$ g (E—)	2 g (E+)
Rheobase	6,0 V	7,0 V	7,0 V	7,0 V
Chronaxie	0,2 σ (E—)	0,35 σ (E—)	0,3 σ (E—)	0,59 σ (E—)

Fall 4. Rindenexcision des Beinfeldes in der linken hinteren und vorderen Zentralwindung wegen schwerster fokaler Epilepsie. 6 Wochen nach der Operation fand sich klinisch eine leichte Hypästhesie für alle Qualitäten am rechten Bein angedeutet. Bei der Schwellenprüfung am rechten Bein sind die Schmerzpunkte an Anzahl verringert, ihre Intensitätsschwelle ist um das Doppelte erhöht, aber nicht ermüdbar, ihre Chronaxie um das 3fache verlängert, aber auch nicht ermüdbar. Die Druckpunkte sind im gleichen Maße rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle um das 10fache, nach 20 Reizen um das 20fache erhöht; ihre Chronaxie um das Doppelte gegen die Norm verändert, aber konstant.

Oberschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	12	normal	14
Mech. Schwelle . . .	1 mg (E—)	10 mg (E+)	$^1/_2$ g (E—)	1 g (E—)
Rheobase	4,0 V	5,0 V	4,0 V	5,0 V
Chronaxie	0,1 σ (E—)	0,26 σ (E—)	0,17 σ (E—)	0,57 σ (E—)

Während die ersten 4 Fälle alle wenigstens für Druck, zum Teil auch für Schmerz, bei mechanischer Prüfung auf der der Excision gegenüberliegenden Seite Ermüdbarkeit aufwiesen, folgen nun 3 Fälle, bei denen eine solche niemals nachgewiesen werden konnte.

Fall 5. Traumatische Epilepsie nach einer Schußverletzung am linken Os parietale. Bei der Operation wurde eine handtellergroße Hirnnarbe in der Gegend der vorderen und hinteren linken Zentralwindung nach vorheriger Umstechung excidiert. 1 Jahr nach der Operation waren keine Sensibilitätsdefekte für Druck- und Schmerzempfindung bei gröberer Prüfungsart mehr nachzuweisen. Eine leichte Störung der Stereognose, des Tastsinns und des Lagegefühls bestand jedoch noch. Bei der feineren Schwellenprüfung zeigte sich an der rechten Körperseite, daß die Schmerzpunkte nur etwas rarefiziert waren, wobei ihre Intensitätsschwelle um das 4fache, ihre Zeitschwelle um das Doppelte erhöht war. Gleichfalls waren auch die Druckpunkte an Zahl verringert, ihre Intensitätsschwelle um das 15fache, ihre Zeitschwelle um das fast 3fache erhöht. Wie eingangs schon gesagt, ließ sich Ermüdbarkeit weder mechanisch noch chronaxiemetrisch für Druck- und Schmerzpunkte nachweisen. Die homolaterale linke Seite zeigt wieder normale Schwellenwerte.

Dorsum manus	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	16	normal	15
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	15 mg (E—)	1 g (E—)	2 g (E—)
Rheobase	6,0 V	6,0 V	5,0 V	6,0 V
Chronaxie	0,17 σ (E—)	0,45 σ (E—)	0,3 σ (E—)	0,66 σ (E—)

Fall 6. Fokale Epilepsie nach einer Knocheninfraktion des linken Scheitelbeines. Excision einer Narbe im Armfokus der linken hinteren Zentralwindung. Danach bestand eine geringe taktile Hypästhesie vom Handgelenk bis zu den Fingerspitzen der rechten Hand, die auch noch 1 Jahr 9 Monate nach der Operation zu eruieren war. Eine Schwellenprüfung an der Hand gab im Gegensatz zu der ganz normalen linken Hand folgenden Befund: Die Schmerzpunkte sind in normaler Anzahl vorhanden, ihre Intensitätsschwelle ist jedoch deutlich heraufgesetzt, ebenfalls ihre Zeitschwelle. Die Druckpunkte sind erheblich rarefiziert, zeigen eine 15fach erhöhte Intensitäts- und 2,5fach erhöhte Zeitschwelle. Ermüdbarkeit war in diesem Falle auch nicht vorhanden.

Dorsum manus	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	normal	5	normal	normal
Mech. Schwelle	1 mg (E—)	15 mg (E—)	$^1/_2$ g (E—)	2 g (E—)
Rheobase	10,0 V	10,0 V	15,0 V	15,0 V
Chronaxie	0,1 σ (E—)	0,26 σ (E—)	0,2 σ (E—)	0,64 σ (E—)

Fall 7. Traumatische Epilepsie nach Kopfschuß am linken Os parietale. Hier wurde *keine* Operation vorgenommen. Auf der rechten Seite erwies sich die Druck- und Schmerzempfindung bei grober klinischer Untersuchung als intakt, das Lagegefühl, die Stereognose und der Raumsinn waren deutlich gestört. Bei der Schwellenprüfung erwiesen sich die Schmerzpunkte rechterseits rarefiziert, ihre Intensitätsschwelle ist verdoppelt, ihre Chronaxie desgleichen. Desgleichen sind auch die Druckpunkte numerisch verringert, ihre Intensitätsschwelle um das 10fache erhöht, ihre Chronaxie verlängert. Ermüdbarkeit war für beide Qualitäten auf keinerlei Prüfungsart nachzuweisen.

Unterschenkel	Druckpunkte		Schmerzpunkte	
	links	rechts	links	rechts
Zahl der Sinnespunkte	10	normal	9	normal
Mech. Schwelle	10 mg (E—)	1 mg (E—)	1 g (E—)	$^1/_2$ g (E—)
Rheobase	6,0 V	7,0 V	9,0 V	7,0 V
Chronaxie	0,46 σ (E—)	0,2 σ (E—)	0,66 σ (E—)	0,3 σ (E—)

Zusammenfassung der corticalen Läsionen.

Bei diesen Fällen corticaler Läsionen fällt zunächst auf, daß die Defekte selbst bei Schwellenprüfung streng beschränkt sind auf die der verletzten Cortexhälfte gegenüberliegende Körperseite. Niemals sehen

wir die leiseste Andeutung einer homolateralen Beeinträchtigung. Die Art der Schwellenveränderung der Schmerzpunkte äußert sich in gleicher Weise wie bei allen anderen Läsionen des afferenten Systems, in Rarefikation, Erhöhung der Intensitätsschwellen, die bei mechanischer Reizung nur in *einem Falle* ermüdbar war, und Verlängerung der Zeitschwellen, die nie ermüdbar gefunden wurden. Etwas stärker sind die Druckpunkte der der Läsion gegenüberliegenden Körperhälfte betroffen, indem außer der Rarefikation und der Schwellenerhöhung, in der größeren Hälfte unserer Fälle auch Ermüdbarkeit gefunden wurde. Diese war aber stets nur bei mechanischer Reizung nachweisbar; die Chronaxie erwies sich in allen Fällen als konstant.

Zusammenfassung.

Überblicken wir die Gesamtheit der mitgeteilten Fälle, so stellt sich als wichtigstes Ergebnis unserer Untersuchungen die Tatsache heraus, daß die Schwellenprüfungen imstande sind, auch da noch Sensibilitätsdefekte zu eruieren, wo solche durch die allgemein üblichen grob-klinischen Untersuchungsmethoden gar nicht oder höchstens in sehr unvollkommener Weise aufgedeckt werden können. In dieser Beziehung ist als das *erste* wichtige Resultat unserer Untersuchungen der Nachweis anzusehen, daß bei der isolierten Durchtrennung der Hinterstränge des Rückenmarks sowohl an den Druckpunkten wie an den Schmerzpunkten Schwellenveränderungen vorhanden sind, *zweitens*, daß bei der doppelseitigen Vorderseitenstrangdurchschneidung nicht nur, wie dies bisher angenommen wurde, die Schmerz- und Temperaturempfindung leiden, während Druck und Berührung intakt bleiben, sondern letztere Empfindungsqualitäten auch mitbetroffen werden. *Drittens*, daß bei der einseitigen Vorderseitenstrangdurchschneidung nicht nur an den Druck- und Schmerzpunkten der kontralateralen Körperhälfte, sondern auch an denen der homolateralen Schwellenerhöhung eintritt. Letztere Tatsache, die vollkommen neu ist, zeigt, daß ein Vorderseitenstrang nicht nur afferente Erregungen von der gekreuzten Körperhälfte, sondern auch von der homolateralen Körperhälfte in höhere Abschnitte des Zentralnervensystems hineinleitet, daß also die Kreuzung der Hinterhorn-Vorderseitenstrangbahn im Rückenmark in physiologischer Hinsicht wenigstens sich als eine inkomplette erweist. Inwieweit diese unvollständige Kreuzung auch anatomisch nachweisbar ist, muß noch untersucht werden.

Im Gegensatz zu der Beteiligung beider Körperhälften am Sensibilitätsdefekt bei einseitiger Vorderseitenstrangunterbrechung steht die vollkommene Integrität der herdgleichen Körperhälfte bei corticalen Läsionen. In allen unseren Fällen konnte selbst bei minutiösester

Schwellenprüfung ein Defekt immer nur auf der kontralateralen Körperhälfte aufgedeckt werden. Diese Tatsache ist um so interessanter, als ja feststeht, daß eine Cortexhälfte afferente Erregungen nicht nur von der kontralateralen, sondern auch von der homolateralen Körperseite her erhält. Der Wegfall der der homolateralen Cortexhälfte zuströmenden Erregungen gibt sich aber in keinem faßbaren Sensibilitätsdefekt an der homolateralen Körperhälfte zu erkennen. Darin erweist sich die homolaterale Cortexhälfte als eine echte Hilfsbahn, deren Verlust keinen Funktionsausfall nach sich zieht, deren morphologische und funktionelle Tüchtigkeit aber im Falle der Unterbrechung der einem bestimmten Körperteil zugeordneten afferenten Hauptbahn von größter Bedeutung ist, indem sie den der Unterbrechung folgenden sensiblen Defekt wesentlich auszugleichen imstande ist.

Viertens ist es bei der Durchschneidung einer einzelnen hinteren Wurzel nur mit Hilfe der Schwellenmethoden möglich, innerhalb des dieser zugeordneten Hautdermatoms Sensibilitätsdefekte nachzuweisen. Der üblichen groben klinischen Untersuchungsmethode entgeht dieser Nachweis vollkommen.

Was die einzelnen Modalitäten der Schwellenprüfungen anlangt, so hat sich gezeigt, daß die Auszählung der Sinnespunkte, innerhalb eines bestimmten Hautareals, die Prüfung der Intensitätsschwelle und die Prüfung der Zeitschwelle eines einzelnen Sinnespunktes nicht immer parallel laufende Ergebnisse zeitigen. Um einen Überblick über diese Verhältnisse zu geben, ist in den folgenden 2 Tabellen zusammengestellt, wie oft bei den verschiedenen Gruppen von Fällen die angewandten Schwellenmethoden ein positives Ergebnis lieferten.

Als das empfindlichste Reagens auf bestehende Sensibilitätsdefekte hat sich die Erhöhung der Zeitschwelle, die Chronaxie, erwiesen. So war sie z. B. in dem mitgeteilten Falle von partieller Resektion des Ganglion Gasseri die einzige überhaupt nachweisbare Störung an den Druckpunkten. Unter den 9 Fällen von Vorderseitenstrangdurch-

Druckpunkte.

Zahl und Art der Fälle	Rarefikation	Mechanische Schwelle	Zeitschwelle	Ermüdbarkeit der mech. Schwelle	Ermüdbarkeit der Zeitschwelle
4 periphere Nervenläsionen	2	2	2	2	—
1 Ganglionresektion	—	—	1	—	—
2 Hinterwurzeldurchschneidungen . . .	2	1	2	—	—
2 Hinterstrangdurchtrennungen	2	2	2	2	—
9 Vorderseitenstrangdurchschneidungen	5	7	8	1	1
7 corticale Läsionen	6	7	7	4	—
25 Gesamtzahl der Fälle	17	19	22	9	—

Schmerzpunkte.

Zahl und Art der Fälle	Rarefikation	Mechanische Schwelle	Zeitschwelle	Ermüdbarkeit der mech. Schwelle	Ermüdbarkeit der Zeitschwelle
4 periphere Nervenläsionen . .	4	4	4	3	—
1 Ganglionresektion	1	1	1	1	—
2 Hinterwurzeldurchschneid. . .	2	1	2	—	—
2 Hinterstrangdurchtrennungen	1	1	1	—	—
9 Vorderseitenstrangdurchschn..	5	6	8	—	—
7 corticale Läsionen	5	7	7	1	—
25 Gesamtzahl der Fälle	18	20	23	5	—

schneidung finden wir Erhöhung der Zeitschwelle in 8 Fällen, während eine Rarefikation der Sinnespunkte nur 5mal festgestellt wurde. Auch unter den 7 Fällen von corticaler Läsion steht die Verlängerung der Chronaxie mit 7 Fällen an erster Stelle. Was die *Ermüdbarkeit* der Druck- und Schmerzpunkte anlangt, so lehren unsere Fälle, daß ihr Vorhandensein in keiner Weise charakteristisch für die Läsion irgendeines bestimmten Abschnittes des afferenten Systems ist. Wir finden eine Ermüdbarkeit der Druck- und Schmerzpunkte bei mechanischer Reizung sowohl bei den peripheren Nervenläsionen, wie bei der Ganglionexstirpation, wie bei den Hinterstrangläsionen, wie bei den Vorderseitenstrangdurchschneidungen, wie endlich bei corticalen Läsionen. Das muß besonders hervorgehoben werden, im Gegensatz zu den Angaben von *v. Weizsäcker*, der diese Ermüdbarkeit, von ihm Schwellenlabilität genannt, für ein charakteristisches Zeichen der Hinterstrangläsion und Cortexschädigung hält. Ein Blick auf unsere Tabelle ergibt aber, wie schon gesagt, daß eine solche Ermüdbarkeit bei Schädigung des afferenten Systems jedweder Lokalisation vorkommen kann. Andererseits ist sie bei der Läsion keines einzigen der einzelnen Abschnitte konstant. Von besonderer Wichtigkeit erscheint uns der Hinweis, daß, im Gegensatz zu der v. Weizsäckerschen Lehre, in unseren beiden Fällen von Hinterstrangläsion eine Ermüdung der Schmerzpunkte vollkommen fehlte, und daß in den 7 Fällen corticaler Läsionen die Schmerzpunkte nur in einem einzigen Falle eine Ermüdung aufwiesen.

Besonders auffallend muß es erscheinen, daß bei der Prüfung der Zeitschwelle nur in einem einzigen unserer Fälle, und zwar in einem Fall von Vorderseitenstrangdurchschneidung, eine Ermüdbarkeit, und zwar auch hier nur an den Druckpunkten festgestellt werden konnte. Dieses hängt offenbar mit der Verschiedenheit des Reizes, und zwar der Zeitdauer des Reizes bei der Prüfung der Intensitätsschwelle und der Zeitschwelle, zusammen. Bei Prüfung der Intensitätsschwelle ist theoretisch die zeitliche Dauer des Reizes unbegrenzt, jedenfalls eine sehr lange,

bei Prüfung der Zeitschwelle hingegen beträgt die Dauer des Einzelreizes Bruchteile einer tausendstel Sekunde. Diesen zeitlich ganz kurzen Belastungen gegenüber ist offenbar der Receptor nicht ermüdbar, hingegen zeitlich langen Belastungen gegenüber versagt er. Wenn wir uns vorstellen, was wohl durch die Untersuchungen von *Adrian* als erwiesen angesehen werden kann, daß bei Applikation kontinuierlicher Reize die Entladung vom Receptor aus in unterbrochener Form, in Einzelstößen, vor sich geht, so kommen wir zu der Auffassung, daß der Receptor zwar den ganz kurzfristigen Einzelstoß in das afferente Leitungssystem hinein noch ungestört zu entsenden vermag, daß er aber zu der Abgabe einer Serie von Einzelstößen nicht mehr in demselben Maße wie unter ganz gesunden Verhältnissen befähigt ist. Vielleicht hängt diese letztere Unfähigkeit mit einer Verlängerung der refraktären Phase des Receptors bei Schädigungen innerhalb des afferenten Leitungssystems zusammen.

Literaturverzeichnis.

[1] *O. Foerster*, Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühls und die chirurgische Behandlung der Schmerzzustände. (Verlag Urban u. Schwarzenberg). — [2] *Foerster, Altenburger* u. *Kroll*, Über die Beziehungen des vegetativen Nervensystems zur Sensibilität. Z. Neur. **121**, H. 1/2 (1928). — [3] *v. Frey*, Die Haut als Sinnesfläche, Arbeiten aus dem physiol. und physiol.-chemischen Labor. der Würzburger Hochschule, **28** (1929). — [4] *Stein* u. *v. Weizsäcker*, Erg. Physiol. von *Asher* u. *Spiro*. **27**.

Lebenslauf.

Als Sohn des Universitätsprofessors Dr. Wilhelm Kroll und seiner Ehefrau Käthe Kroll, geb. Wegener, wurde ich, Friedrich-Wilhelm Kroll, am 21. August 1907 zu Münster in Westfalen geboren. Meine Schulzeit verbrachte ich von Ostern 1913 bis Ostern 1925 auf dem städt. St.-Maria-Magdalenen-Gymnasium zu Breslau, wo ich im März 1925 mein Abiturium bestand. Dann wandte ich mich sogleich dem Medizinstudium zu, das ich im Sommersemester 1925 in Breslau begann, im Wintersemester 1925/26 in Innsbruck fortsetzte, um nach zwei Semestern Studium in Breslau (Sommersemester 1926 und Wintersemester 1926/27) im März 1927 in Breslau mein Physikum zu bestehen. Danach studierte ich im Sommersemester 1927 in Hamburg, und den Rest des Studiums von Wintersemester 1927/28 bis Wintersemester 1929/30 verbrachte ich in Breslau, wo ich im Mai 1930 mein medizinisches Staatsexamen bestand.

Das Thema meiner Arbeit verdanke ich meinem großen Lehrer Prof. Dr. O. Förster, dem ich auch hier nochmals ganz besonders für sein Interesse und sein Entgegenkommen danken möchte. Aber nicht zuletzt muß ich an dieser Stelle Herrn Priv.-Doz. Dr. Altenburger meinen besonderen Dank für seine große Bereitwilligkeit aussprechen, die er mir in steter Hilfsbereitschaft bei der Vornahme der Untersuchungen erwiesen hat.

Breslau, im Mai 1930

Friedrich-Wilhelm Kroll.

Printed in Germany